

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-158370

(43)Date of publication of application : 31.05.2002

(51)Int.Cl.

H01L 31/107
H01L 31/0232
H01L 31/10
H04B 10/28
H04B 10/26
H04B 10/14
H04B 10/04
H04B 10/06

(21)Application number : 2000-356198

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 22.11.2000

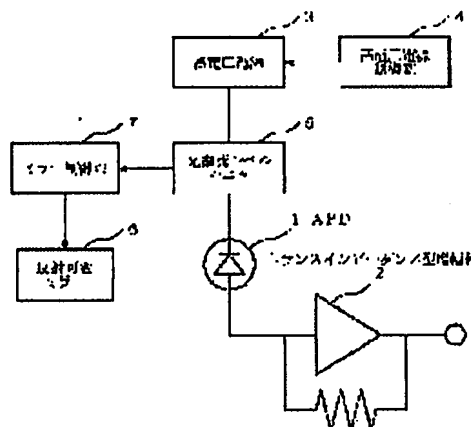
(72)Inventor : TACHIMORI MASASHI

(54) OPTICAL RECEIVER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical coupling system and circuit constitution which can constantly be stable in receiving operation by suppressing the saturation operation of a photodetective element or a reception circuit with respect to large light input, and applying optimal reverse bias simultaneously all over a wide temperature range.

SOLUTION: This optical receiver is provided with an APD 1, a light input power control system to the APD consisting of a photoelectric level monitor 5, a mirror control unit 7 and a reflection variable mirror 6, and a high voltage reverse bias control system to the APD consisting of a high voltage power source 3 and a high voltage power source control unit 4.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3700575

[Date of registration] 22.07.2005

[Number of appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 公開番号

特開 2002-158370

(P2002-158370A)

(43) 公開日 平成 14 年 5 月 31 日 (2002.05.31)

(51) Int.Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

H01L 31/107

H01L 31/10

B 5F049

/0232

/02

D 5F088

/10

/10

G 5K002

H04B 10/28

H04B 9/00

Y

/26

審査請求 有 請求項の数 11 OL (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願 2000-356198 (P2000-356198)

(71) 出願人 000004237

(22) 出願日 平成 12 年 11 月 22 日 (2000.11.22)

日本電気株式会社

(72) 発明者

榎崎 正志

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社社内

(75) 代理人

100082935

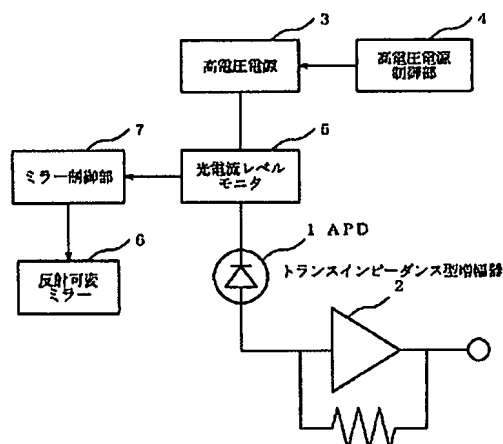
弁理士 京本 直樹

(54) 発明の名称 光受信器

(57) 要約

【課題】大光入力に対して受光素子または受信回路の飽和動作を抑制し、また、同時に広い温度範囲にわたって最適な逆バイアスを印加することができ、常に安定した受信動作が可能な光結合系および回路構成の提供。

【解決手段】本発明の光受信器においては、APD 1 と、光電流レベルモニタ 5 とミラー制御部 7 と反射可変ミラー 6 とで構成される APD への光入力パワー制御系と、高電圧電源 3 と高電圧電源制御部 4 から構成される APD への高電圧逆バイアス制御系を備える。



(特開 2002-158370)

(1)

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アバランシェ・フォトダイオード (APD) を備えた光受信器であって、前記 APD への入射光量を制御する手段と、前記 APD に印加する逆バイアス電圧を制御する手段とを併せ備え、広い受信ダイナミックレンジを有することを特徴とする光受信器。

【請求項 2】

APD と、前記 APD に逆バイアスを印加する手段と、前記逆バイアスの電圧を制御する手段と、前記 APD に流れる光電流を電圧に変換する手段と、前記光電流をモニタする手段と、前記モニタ手段の出力に応じて前記 APD への入射光量を制御する手段を備え、広い受信ダイナミックレンジを有することを特徴とする光受信器。

【請求項 3】

前記入射光量を制御する手段が、光に対する反射率を変換する手段であることを特徴とする前記請求項 2 記載の光受信器。

【請求項 4】

前記反射率を変換する手段が、2 次元に配列した複数のマイクロミラーで構成されていることを特徴とする前記請求項 3 記載の光受信器。

【請求項 5】

前記 2 次元に配列した複数のマイクロミラーの一部または全部のマイクロミラーの光反射面の反射角度を変換することを特徴とする前記請求項 4 記載の光受信器。

【請求項 6】

前記逆バイアスの電圧を制御する手段が、前記 APD の温度を検知する温度検出手段と、前記 APD の温度と前記逆バイアスを印加する手段の最適印加電圧値との対応を記憶させたメモリを備え、前記温度検出手段の検出温度に対して前記メモリから読み出された前記最適印加電圧値を前記逆バイアス印加手段に指示することを特徴とする前記請求項 2 記載の光受信器。

【請求項 7】

フォトダイオード (PD) と、前記 PD に流れる光電流を電圧に変換する手段と、前記光電流をモニタする手段と、前記モニタ手段の出力に応じて前記 PD への入射光量を制御する手段を備え、広い受信ダイナミックレンジを有することを特徴とする光受信器。

【請求項 8】

前記 PD への入射光量を制御する手段が、前記 PD に流れる光電流が前記 PD に流れる光電流を電圧に変換する手段の最大許容入力電流を超えないように、前記 PD への入射光量を制御することを特徴とする前記請求項 7 記載の光受信器。

【請求項 9】

(2)

前記入射光量を制御する手段が、光に対する反射率を変換する手段であることを特徴とする前記請求項 7 記載の光受信器。

【請求項 10】

前記反射率を変換する手段が、2 次元に配列した複数のマイクロミラーで構成されていることを特徴とする前記請求項 9 記載の光受信器。

【請求項 11】

前記 2 次元に配列した複数のマイクロミラーの一部または全部のマイクロミラーの光反射面の反射角度を変換することを特徴とする前記請求項 10 記載の光受信器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光伝送システムに用いられる光受信回路に関し、とくに光入力に対して広いダイナミックレンジを有する光受信器に関する。

【0002】

【従来の技術】

光伝送システムに用いられる、高速・広帯域の従来の光受信回路としては、図 7 に示すような回路構成がある (米津宏雄著「光通信素子工学」、工学図書刊 (昭和 59 年 2 月) 参照)。この従来例の受信回路では、受光素子としてバイアス印加されたアバランシェ・フォトダイオード (APD) を用い、光電流を電圧に変換し、信号出力として取り出している。そして、受信信号レベルと最適受信状態のレベル (基準電圧) の差を検出して、その差が絶えず 0 になるよう、信号が大きい場合は増倍率 M が小さくなるように、信号が小さい場合は増倍率 M が大きくなるようにバイアス電圧を調整するフィードバック回路が設けられている。基準電圧に対応するバイアス電圧は最適な増倍率 (M) を与えるように調整される。

【0003】

このような、APD を含んだ従来回路では、大光入力時に動作不良が起こるという欠点があった。大光入力のリミットは APD の許容光電流値で決まる。受光パワーが大きくなってきた場合、規定されている電流リミットを越えないように、APD は電流増倍率 M の低い状態で動作させる。しかし、 M が低い場合には、図 8 (メーカー発行の光半導体デバイス・データブックより引用) に示すように応答帯域が劣化する。従って、 M による帯域制限と最大許容光電流との兼ね合いによって最大受信特性が制限される。例えば、2.4 Gbps の光受信器の場合を考えると、十分な応答帯域を確保するには、通常 $M=4 \sim 5$ に設定する必要がある。光電流リミット値が $1 \text{ mApp (peak to peak)}$ である場合、最大許容光受信レベルは、

(特開 2002-158370)

(3)

−9 dBm〜−10 dBm (波長は1550 nm、APDの量子効率は80%として計算)程度でしかなく、光受信器として十分なダイナミックレンジの値ではない。

【0004】

一方、入力光信号レベルが小さい場合、必要な光電流を得るためにAPDは増倍率Mを上げて動作させる。しかし、図9に示すように、APDの逆バイアス特性には大きな温度依存性がある。たとえば、常温(25℃)で最適なMが得られる逆バイアスに設定しても、10 温度が高くなった場合は、図9に示すように逆バイアス特性が高温度側へシフトし、Mが下がり最小受信感度特性の劣化となる。また、温度が低くなった場合は、逆バイアス特性が低温側へシフトするため暗電流が増加し、受信感度特性は劣化する。従来回路では、ある程度は電圧振幅値によって、間接的に温度によって変動する逆バイアスを制御しているが、広い温度範囲で最適な逆バイアスを印加することは困難であった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、このような従来技術に難点に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、光伝送システムに用いられる光受信器において、大光入力に対して受光素子または受信回路の飽和動作を抑制し、また、同時に広い温度範囲にわたって最適な逆バイアスを印加することができ、常に安定した受信動作が可能な光結合系および回路構成を提供するものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明の請求項1に係わる発明の光受信器は、アバランシェ・フォトダイオード(APD)を備えた光受信器であって、前記APDへの入射光量を制御する手段と、前記APDに印加する逆バイアス電圧を制御する手段とを併せ備え、広い受信ダイナミックレンジを有することを特徴とする。また、本発明の請求項2に係わる発明の光受信器は、APDと、前記APDに逆バイアスを印加する手段と、前記逆バイアスの電圧を制御する手段と、前記APDに流れる光電流を電圧に変換する手段と、前記光電流をモニタする手段と、前記モニタ手段の出力に応じて前記APDへの入射光量を制御する手段を備え、広い受信ダイナミックレンジを有することを特徴とする。また、本発明の請求項3に係わる発明の光受信器は、前記請求項2に係わる発明記載の前記入射光量を制御する手段が、光に対する反射率を可変する手段であることを特徴とする。また、本発明の請求項4に係わる発明の光受信器は、前記請求項3に係わる発明記載の前記反射率を可変する手段が、2次元に配列した複数のマイクロミラーで構成されていることを特徴とする。また、本発明の請求項5に係わる発明の光受信器は、前記請求項4に係

(4)

わる発明記載の前記2次元に配列した複数のマイクロミラーの一部または全部のマイクロミラーの光反射面の反射角度を可変することを特徴とする。また、本発明の請求項6に係わる発明の光受信器は、前記請求項2に係わる発明記載の前記逆バイアスの電圧を制御する手段が、前記APDの温度を検知する温度検出手段と、前記APDの温度と前記逆バイアスを印加する手段の最適印加電圧値との対応を記憶させたメモリを備え、前記温度検出手段の検出温度に対して前記メモリから読み出された前記最適印加電圧値を前記逆バイアス印加手段に指示することを特徴とする。また、本発明の請求項7に係わる発明の光受信器は、フォトダイオード(PD)と、前記PDに流れる光電流を電圧に変換する手段と、前記光電流をモニタする手段と、前記モニタ手段の出力に応じて前記PDへの入射光量を制御する手段を備え、広い受信ダイナミックレンジを有することを特徴とする。また、本発明の請求項8に係わる発明の光受信器は、前記請求項7に係わる発明記載の前記PDへの入射光量を制御する手段が、前記PDに流れる光電流が前記PDに流れる光電流を電圧に変換する手段の最大許容入力電流を超えないように、前記PDへの入射光量を制御することを特徴とする。また、本発明の請求項9に係わる発明の光受信器は、前記請求項7に係わる発明記載の前記入射光量を制御する手段が、光に対する反射率を可変する手段であることを特徴とする。また、本発明の請求項10に係わる発明の光受信器は、前記請求項9に係わる発明記載の前記反射率を可変する手段が、2次元に配列した複数のマイクロミラーで構成されていることを特徴とする。また、本発明の請求項11に係わる発明の光受信器は、前記請求項10に係わる発明記載の前記2次元に配列した複数のマイクロミラーの一部または全部のマイクロミラーの光反射面の反射角度を可変することを特徴とする。

【0007】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。図1には、APD(アバランシェ・フォトダイオード)を用いた本発明の光受信器の第1の実施形態の回路ブロック図を、図2に光受信器の光学系を示す。図1を参照すると、本光受信器の電気系は、APD1と、電流-電圧変換をするトランスインピーダンス型増幅器2と、高電圧電源3と、高電圧電源を制御する高電圧電源制御部4と、APDに流れる光電流を監視する光電流レベルモニタ5と、光の反射方向を可変する反射可変ミラー6と、光電流レベルモニタ5からの信号を受けて反射可変ミラーを制御するミラー制御部7とで構成される。また、図2の本光受信器の光学系は、光ファイバ8と、光ファイバから出射された光を集光するレンズ9と、光を反射する反射可変ミ

(特開 2002-158370)

(5)

レー10と、集光された光を受光するAPD1とから構成される。

【0008】

次に、図1、図2を用いて、本発明の光受信器の動作を説明する。

【0009】

本光受信器において、APD1から送出される光信号電流は、トランスインピーダンス型増幅器2によって電圧信号に変換され、電圧信号として出力される。APD1には、最も良好なS/N比が得られる最適増倍率 M_{opt} （下記(1)式）が存在する。 M_{opt} は所望の最小受光パワーを受信したときに最適となるように設定される。2.4Gbpsの受信器の場合、通常は最小受信感度が-33dBm付近になるように設定している。高電圧電源制御部4で制御された高電圧は、前述の M_{opt} の状態を常に保つように逆バイアスをAPD1に印加している。

$$M_{opt} = (4kTF_t / (q(I_p + I_{dm})R_i))^{1/2} \quad (1)$$

ここで、 k はボルツマン係数、 T は温度、 F_t は雑音指数、 q は電荷、 I_p は光電流、 I_{dm} は増倍暗電流、 R_i は負荷抵抗、 x は過剰雑音指数をそれぞれ表す。

【0010】

光電流レベルモニタ5は、常にAPD1に流れる電流を監視している。通常、受光素子には、動作可能な最大受光電流が規格化されている。この規格に合わせて、入力光パワーが大きい場合は、電流増倍率 M を下げて過電流が流れないようにしている。しかし、図8に示すように、通常 M が低くなりすぎると応答帯域が劣化してくる。これら過電流防止と帯域劣化抑制のため、所定以上の電流を検出した場合、ミラー制御部7は反射可変ミラー6を制御してAPD1に入力する光量を抑制し、最適な M のままで規定値以上の電流が流れないように制御を行っている。

【0011】

反射可変ミラー6は、図4に示すようなマイクロ・ミラー・アレイで構成している。マトリックス・アレイを形成している個々のミラーは、たとえば図4に示すような断面構造をしており、本例では下部電極の電圧を制御することでミラーが静電力によって引力や斥力を受けて、支柱を支点にして角度を変換することができる構造となっている。このマイクロ・ミラー・アレイはシリコン・マイクロマシーンなどで製造可能である。反射可変ミラーは、マトリックスアレイ状に並べられた多数のミラー片の一部または全部の角度を変えることによってミラー全体としての反射率を変え、APDへ入射する光量を調節している。上記の構成によって、例えば、従来の2.4Gbpsで用いられている光受信器では、最大光受信レベルは-10dBm程度であったが、本発明では反射可変ミラーを

(6)

用いることで、0dBm以上の光入力に対しても正常に動作させることが可能である。

【0012】

次に、広い温度範囲で最適な逆バイアスを印加する手段と。その作用について説明する。前述の如く、図8（前掲、光半導体デバイスデータブック）に示されているように、APDの逆バイアス特性は+1~2%/°Cの傾斜特性を持っている。従って、各動作温度によって M_{opt} が得られる逆バイアスの大きさは異なる。高電圧電源制御部4は、図5に示すように、温度センサ部11と、メモリ部12とコントロール部13とから構成されている。メモリ部12はROMであってセンサー部が検知する各温度で最適な増倍率を与える逆バイアス値を得るための情報が書き込まれている。コントロール部13は温度センサ部11の検知する温度の情報を受け、各温度に対応したAPD1の逆バイアス値に関する情報を読み出し、高電圧電源3に出力する。従って、本構成では、APDに設定される増倍率 M は、温度変動に対して常に最適な増倍率 M_{opt} から外れることなく光受信モジュールの動作が可能である。

【0013】

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。図7は、APDに代えてPIN-PD10（PINフォトダイオード）を用いた場合の実施例である。PIN-PDはアバランシェ効果を用いないため、増倍率最適化を施す手段は必要ない。また、受光素子自体の入力光に対するダイナミックレンジが広く、PIN-PD10の最大光電流制限よりトランスインピーダンス型増幅器2の最大入力電流制限の方が小さい場合が多い。従って、この場合は光入力パワー制御系のみを備え、しかも、PIN-PDの入力光による飽和ではなく、トランスインピーダンス型増幅器の最大入力電流に合わせて制御動作を設定する。なお、上記の第2の実施形態の説明では、PIN-PDを無バイアスで用いる場合をのべたが、応答速度を高めるために、ブレークダウン電圧未満の逆バイアスを印加して用いてもよい。また、上記の第2の実施形態の説明では、PIN-PDを用いる場合をのべたが、i層を有することは必ずしも必要はなく、単にpn接合を有する受光素子であっても同様の動作が可能である。

【0014】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の光受信器においては、APDと、光電流レベルモニタとミラー制御部と反射可変ミラーとで構成されるAPDへの光入力パワー制御系と、高電圧電源と高電圧電源制御部から構成されるAPDへの高電圧逆バイアス制御系を備えることによって、以下に記載するような効果を奏する。光入力パワーに関係なく常にAPDを最適な条件で動

(特開 2002-158370)

(7)

作させることが可能となり、最小受信レベルから最大受信レベルまで広範囲にわたって良好な受信感度特性が得られる。APDに入力する光パワーを反射可変ミラーによって制限するため、特に最大受信側の大幅な特性改善が可能であり、広いダイナミックレンジを持つ光受信器の構成が可能である。個々のAPDやその周辺部の温度特性に合わせた温度補償が可能となるため、光受信器の温度変動による特性劣化を抑制することができ、広温度範囲で良好な受信感度が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の光受信器の第1の実施形態の構成を表すブロック図である。

【図2】 本発明の光受信器の第1の実施形態が備える光入力パワー制御系の構成を表す図である。

【図3】 本発明の光受信器の第1の実施形態の有する光入力パワー制御系が備える反射可変ミラーの平面構成を表す図である。

【図4】 本発明の光受信器の第1の実施形態の有する光入力パワー制御系が備える反射可変ミラーを構成するミラー要素の構造を表す図である。

【図5】 本発明の光受信器の第1の実施形態が備える

(8)

る逆バイアス高電圧電源制御系の構成を表す図である。

【図6】 本発明の光受信器の第2の実施形態の構成を表すブロック図である。

【図7】 従来の光受信回路の構成を表す図である。

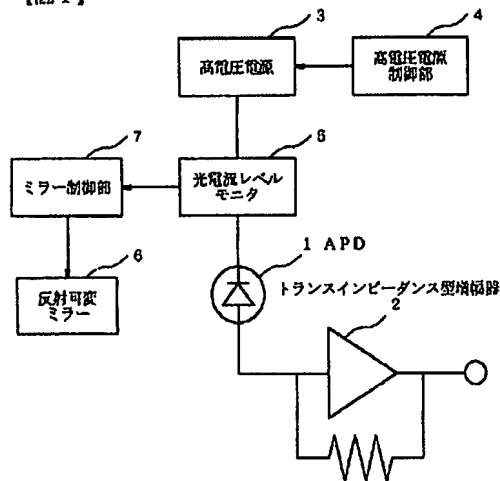
【図8】 APDの電流増倍率と受信帯域幅との関係の一例を示す図である。

【図9】 APDの温度に対する暗電流と逆バイアス電圧との関係を示す図である。

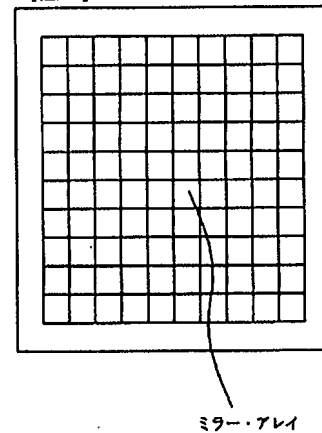
10 【符号の説明】

- 1 APD
- 2 トランスインピーダンス型増幅器
- 3 高電圧電源
- 4 高電圧電源制御部
- 5 光電流レベルモニタ
- 6 反射可変ミラー
- 7 ミラー制御部
- 10 PIN-PD
- 11 温度センサー部
- 12 メモリ部
- 13 コントロール部

【図1】

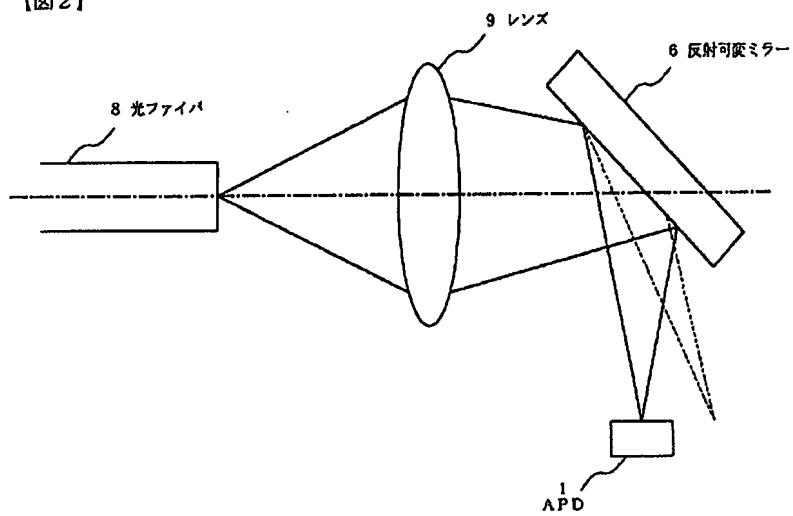


【図3】

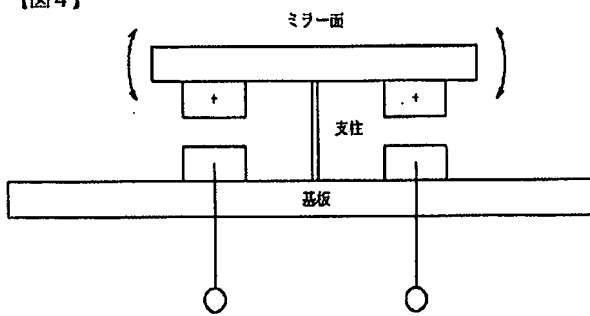


(特開 2002-158370)

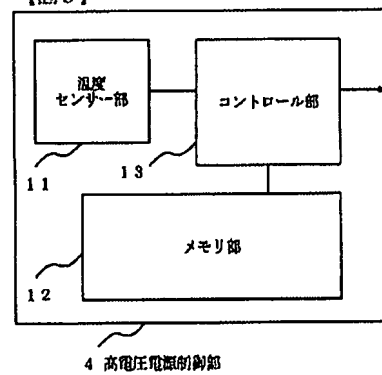
【図2】



【図4】

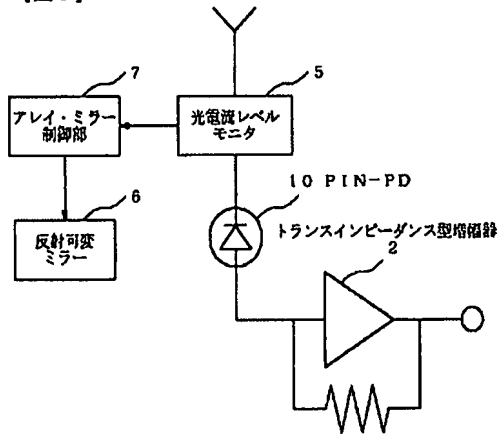


【図5】

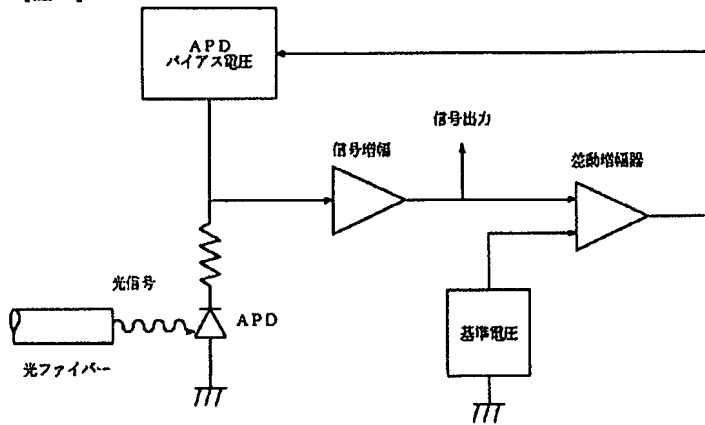


(特開 2002-158370)

【図6】

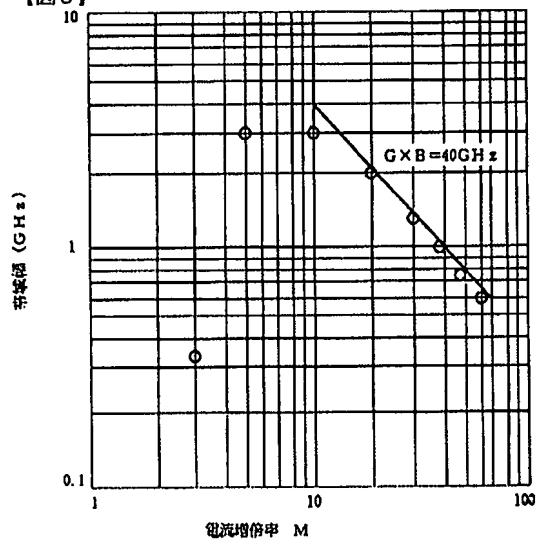


【図7】



(特開 2002-158370)

【図8】



【図9】

